

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP04/014249

International filing date: 15 December 2004 (15.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 103 60 400.6  
Filing date: 19 December 2003 (19.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 10 March 2005 (10.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 60 400.6

**Anmeldetag:** 19. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:** BEHR GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE;  
Behr Thermot-tronik GmbH, 70806 Kornwestheim/DE.

**Bezeichnung:** Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft  
und Verfahren zum Betreiben einer derartigen  
Kreislaufanordnung

**IPC:** F 02 B 29/04

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 18. Februar 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wehner'.

**Wehner**

BEHR GmbH & Co. KG  
Mausersstraße 3, 70469 Stuttgart

BEHR THERMOT-tronik GmbH  
Enzstraße 25, 70806 Kornwestheim

**Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft und Verfahren zum  
Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung**

Die Erfindung betrifft eine Kreislaufanordnung zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung.

Gemäß dem Stand der Technik werden zur Leistungssteigerung von Motoren Aufladegeräte zur Erhöhung des Luftdurchsatzes im Motor verwendet. Bei der hierfür erforderlichen Verdichtung wird die Luft, im Folgenden als Ladeluft bezeichnet, jedoch auf Grund der Kompression im Aufladegerät erwärmt. Um den mit der Erwärmung der Ladeluft einhergehenden Dichteverlust zu kompensieren, d.h. die Luftdichte zu erhöhen, werden Luftkühler verwendet, die vorne im Kühlmodul angeordnet sind und zur Kühlung der Ladeluft dienen. Die Ladeluft strömt dabei durch einen Wärmetauscher, der von Umgebungsluft durchströmt und damit gekühlt wird. Dadurch ist eine Abkühlung der Ladeluft auf eine Temperatur möglich, die bei voller Motorleistung etwa 15 K über der Temperatur der Umgebungsluft liegt.

Ferner ist bekannt, dass die Kühlung der Ladeluft über einen Kühlmittelkreislauf erfolgt, beispielsweise einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf, in dem das Kühlmittel auf sehr niedrige Temperaturen herabgeköhlt wird. Mit diesem kalten Kühlmittel wird die Ladeluft in einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler auf eine vorgegebene Kühlttemperatur heruntergeköhlt. Für die Ver-

5 schaltung des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs gibt es zwei Varianten,  
nämlich eine Integration des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs in einen  
Nebenkreislauf des Motorkühlsystems oder eine Ausgestaltung in Form ei-  
nes separaten Kühlmittelkreislaufs. In Fig. 8 ist ein bekannter Niedertempe-  
ratur-Kühlmittelkreislauf 1 für eine indirekte Ladeluftkühlung dargestellt. Die  
10 vom Verdichter des Aufladegerätes V kommende Ladeluft wird in einem La-  
deluft/Kühlmittel-Kühler 2 gekühlt und anschließend dem Motor M zugeführt.  
Eine Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf-Pumpe NP wälzt das Kühlmittel im  
Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 um. Hierbei gelangt das Kühlmittel  
10 von der Pumpe NP zum Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2, in dem das Kühlmittel  
die Ladeluft kühlt, zu einem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler 3. Neben  
dem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 ist ein Haupt-Kühlmittelkreislauf  
11 vorgesehen. Das Kühlmittel des Haupt-Kühlmittelkreislaufs 11 wird mittels  
einer Pumpe P umgewälzt und gelangt von der Pumpe P kommend zum Mo-  
15 tor M. Je nach der Temperatur des Kühlmittels wird dieses, geregelt mit Hilfe  
eines Thermostats 12, zum Haupt-Kühler 13 und wieder zur Pumpe P oder  
über einen Bypass 14 vorbei am Haupt-Kühler 13 direkt zur Pumpe P gelei-  
tet. In einem Temperatur-Übergangsbereich erfolgt eine Aufteilung der  
Kühlmittelströmung am Thermostat 12 in einen Teilstrom zum Haupt-Kühler  
20 13 und einen Teilstrom über den Bypass 14.

Eine derartige Kreislauanordnung lässt noch Wünsche offen.

25 Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Kreislauanordnung der eingangs ge-  
nannten Art zu verbessern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Kreislauanordnung mit den  
Merkmale des Anspruchs 1.

30 Erfindungsgemäß ist eine Kreislauanordnung mit einem Niedertemperatur-  
Kühlmittelkreislauf zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit ei-  
nem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler vorgesehen, wobei  
ein Temperatur-Sensor am Kühlmittelaustritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers  
35 oder kurz danach zur Messung der Kühlmittelaustritts-Temperatur vorgese-  
hen ist. Dies ermöglicht eine Kühlmitteldurchsatzregelung in Abhängigkeit

der Kühlmittelaustritts-Temperatur des Kühlmittels aus dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler. Hierbei kann der Sensor in den Austritt aus dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler integriert sein oder aber kurz nach dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler angeordnet sein, wobei der Abstand zum Ladeluft/Kühlmittel-Kühler möglichst klein sein sollte, um eine optimale und insbesondere schnelle Regelung zu gewährleisten.

Die Temperatur kann über einen Temperatur-Sensor, der als Thermostat ausgebildet ist, direkt ermittelt werden, wobei durch diese Ausgestaltung kein separat ausgebildetes Regelventil oder eine andere Vorrichtung zur Regelung des Kühlmittelvolumenstroms erforderlich ist. Ist ein einfacher Temperatur-Sensor vorgesehen, so erfolgt eine Kühlmittelvolumenstromregelung anhand des Messwerts mittels eines Regelventils oder einer anderen Vorrichtung zur Regelung des Kühlmittelvolumenstroms. Dabei kann das Regelventil o.ä. vor einem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler und vor dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler angeordnet sein. Alternativ kann es auch nach dem Temperatur-Sensor angeordnet sein.

Der Temperatur-Sensor ist bevorzugt in ein der Kühlmittelleitung dienendes Kunststoffteil, insbesondere ein Kunststoff-Spritzgussteil, integriert.

Bevorzugt ist der Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf mit einem Haupt-Kühlmittelkreislauf verbunden, so dass ein Austausch von Kühlmittel zwischen beiden Kühlmittelkreisläufen erfolgt.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung im Einzelnen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Kreislaufanordnung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2 eine Thermostatkennlinie für die Regelung des Niedertemperatur-Kühlmittel-Volumenstroms mit dem Volumenstromanteil des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs in Verhältnis zu dem des

Haupt-Kühlmittelkreislaufs über der Kühlmittel-Temperatur am Austritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers,

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers,

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht einer Variante der Anordnung eines Sensors,

Fig. 5 eine Ansicht auf Fig. 4 von unten,

Fig. 6 ein Diagramm zur Darstellung der Optimierung des Kühlmittel-Volumenstroms des Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühlers für unterschiedliche Betriebspunkte, wobei die Temperatur der Ladeluft über dem Volumenstromanteil des Niedertemperatur-Kühlmittelkreislaufs im Verhältnis zu dem des Haupt-Kühlmittelkreislaufs dargestellt ist,

Fig. 7 eine Kreislaufanordnung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel, und

Fig. 8 eine Kreislaufanordnung gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 1 zeigt eine Kreislaufanordnung K, welche zur Ladeluft-Kühlung und der Motor-Kühlung dient. Hierbei ist ein Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 mit einem Haupt-Kühlmittelkreislauf 11 gekoppelt. Im der Ladeluft-Kühlung dienenden Teil der Kreislaufanordnung K ist ein Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 und ein diesem direkt nachgeordneter Sensor 4 angeordnet. Über ein Thermostat 5 gelangt das Kühlmittel zur Pumpe P. Hiernach ist eine Verzweigung 6 vorgesehen, wobei der zum Motor M führende Teil an späterer Stelle näher erläutert wird. Nach der Verzweigung 6 gelangt das Kühlmittel über ein Regelventil 7 zum Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler 3 und wiederum zum Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2, in dem die verdichtete Ladeluft gekühlt wird. Der andere Teil des Kühlmittels wird nach der Verzweigung 6 zum Motor M geführt. Je nach Temperatur des Kühlmittels wird dasselbe vollständig durch einen Haupt-Kühlmittel-Kühler 13 oder einen Bypass 14 und wieder zum

Thermostat 5 geleitet, oder es erfolgt eine Aufteilung in Teilströme durch den Haupt-Kühlmittel-Kühler 13 und den Bypass 14.

5 Zur Optimierung der indirekten Ladeluftkühlung ist eine Kühlmitteldurchsatz-  
regelung im Niedertemperatur-Kühlmittel-Kreislauf vorgesehen. Hierbei ist  
die optimale Kühlmittel-Austrittstemperatur aus dem Ladeluft/Kühlmittel-  
Kühler 2 nahezu unabhängig von der Außentemperatur. Der in Fig. 6 darge-  
stellte Zusammenhang besitzt daher für einen großen Umgebungstempere-  
turbereich Gültigkeit. Um schnell auf Lastwechsel reagieren zu können, ist  
10 der Temperatur-Sensor 4 möglichst unmittelbar am Kühlmittel-Austritt des  
Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers 2 angeordnet. Mittels der vom Sensor 4 ermittel-  
ten Messwerte wird der Kühlmitteldurchsatz auf an sich bekannte Weise ge-  
regelt.

15 Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Sensor 4 in den  
Kühlmittel-Austritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers 2 integriert, wie Fig. 3 ent-  
nommen werden kann. Auf Grund der Problematik bei der Integration in ei-  
nen Metall-Wärmetauscher wird gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der  
Sensor 4 in ein Spritzguss-Kunststoffteil integriert, das gleichzeitig der Ver-  
teilung des Kühlmittels dient.  
20

Eine Variante der Anordnung des Sensors 4 in dem Ladeluft/Kühlmittel-  
Kühler 2 ist in den Figuren 4 und 5 dargestellt. Hierbei wird der Temperatur-  
Sensor 4 durch einen Thermostat gebildet, der ein Dehnstoffelement als Ak-  
tuator aufweist. Hierbei hat der Thermostat einen minimalen Durchsatz (Le-  
ckage), der nötig ist, um zu garantieren, dass die Information über die Tem-  
peratur des Kühlmittels bei einem Lastsprung schnell zum Aktuator gelangt  
und zur Ladeluftkühlung im Schwachlastbereich ausreicht. Der maximale  
Durchsatz ist derart bemessen, dass bei Volllast ein lokales Sieden des  
25 Kühlmittels, insbesondere im Ladeluft/Kühlmittel-Kühler 2 oder danach, ver-  
mieden wird. Öffnungsbeginn und -ende richten sich nach den für die opti-  
male Durchsatzregelung erforderlichen Temperaturniveau (vgl. in Fig. 2 dar-  
gestellte Thermostatkennlinie). Der Bereich zwischen Leckagedurchsatz und  
maximalem Durchsatz ist so definiert, dass der Start der Thermostat-Öffnung  
30 im Temperaturbereich zwischen 40°C und 60°C des Kühlmittels am Austritt  
35

des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers 2 liegt, und die Voll-Öffnung des Thermostats zwischen 90°C und 110°C Kühlmittel-Temperatur an der Messstelle erreicht ist. Hierbei ist bei Voll-Öffnung des Thermostats der Kühlmitteldurchsatz zwei- bis viermal so groß, wie die eingestellte Leckage im geschlossenen Zustand des Thermostats. Gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Verlauf der Kühlmittel-Volumenstromzunahme linear, kann jedoch auch progressiv, degressiv oder unstetig verlaufend ausgebildet sein.

Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel erfolgt – im Gegensatz zu der direkten Regelung über das Thermostat – eine Regelung in Abhängigkeit der vom Temperatur-Sensor 4 ermittelten Temperatur des Kühlmittels über das Regelventil 7, welches vor dem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler 3 im Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf 1 angeordnet ist.

Fig. 7 zeigt eine Kreislaufanordnung K gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Hierbei ist das Regelventil 7 hinter dem Temperatur-Sensor 4 angeordnet. Ansonsten stimmt die Kreislaufanordnung K des zweiten Ausführungsbeispiels mit der des ersten Ausführungsbeispiels im Wesentlichen, das heißt bis auf die Anordnung des Thermostats 5 an der Abzweigung des Bypasses im Haupt-Kühlmittelkreislauf und nicht an der Rückführung des Bypasses in den Haupt-Kühlmittelkreislauf, überein.



5

## Bezugszeichenliste

- 10      1 Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf  
         2 Ladeluft/Kühlmittel-Kühler  
         3 Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler  
         4 Sensor  
         5 Thermostat  
15      6 Verzweigung  
         7 Regelventil  
         11 Haupt-Kühlmittelkreislauf  
         13 Haupt-Kühlmittel-Kühler  
         14 Bypass  
20      K Kreislaufanordnung  
         M Motor  
         NP Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf-Pumpe  
         P Pumpe

5

## Patentansprüche

10

1. Kreislaufanordnung mit einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Temperatur-Sensor (4) am Kühlmittelaustritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers (2) oder kurz danach zur Messung der Kühlmittelaustritts-Temperatur vorgesehen ist.

15

2. Kreislaufanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühlmitteldurchsatzregelung in Abhängigkeit der ermittelten Kühlmittel-Temperatur vorgesehen ist.

20

3. Kreislaufanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatur-Sensor (4) ein Thermostat ist.

25

4. Kreislaufanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Temperatur-Sensor (4) in ein der Kühlmittelleitung dienendes Kunststoffteil integriert ist.

30

5. Kreislaufanordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Kunststoffteil mittels Kunststoff-Spritzgießens hergestellt ist.

35

6. Kreislaufanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) mit einem Haupt-Kühlmittelkreislauf (11) verbunden ist, so dass ein Austausch von Kühlmittel erfolgt.

7. Kreislaufanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) ein Regelventil (7) angeordnet ist.
- 5 8. Kreislaufanordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Regelventil (7) vor einem Niedertemperatur-Kühlmittel-Kühler (3) oder vor dem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) angeordnet ist.
- 10 9. Kreislaufanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das vom Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) kommende Kühlmittel vor einer Pumpe (P) einem Haupt-Kühlmittelkreislauf (11) zugeführt wird.
- 15 10. Verfahren zum Betreiben einer Kreislaufanordnung (K) mit einem Niedertemperatur-Kreislauf (1) zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regelung des Kühlmitteldurchsatzes durch den Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) in Abhängigkeit der am Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2) ermittelten Kühlmittel-Temperatur erfolgt.
- 20

5

## **Z u s a m m e n f a s s u n g**

10

Die Erfindung betrifft eine Kreislaufanordnung (K) mit einem Niedertemperatur-Kühlmittelkreislauf (1) zur Kühlung von Ladeluft bei einem Kraftfahrzeug mit einem Aufladegerät mit einem Ladeluft/Kühlmittel-Kühler (2), wobei ein Temperatur-Sensor (4) am Kühlmittelaustritt des Ladeluft/Kühlmittel-Kühlers (2) oder kurz danach zur Messung der Kühlmittelaustritts-Temperatur vorgesehen ist, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Kreislaufanordnung (K).

15

(Figur 1)

20

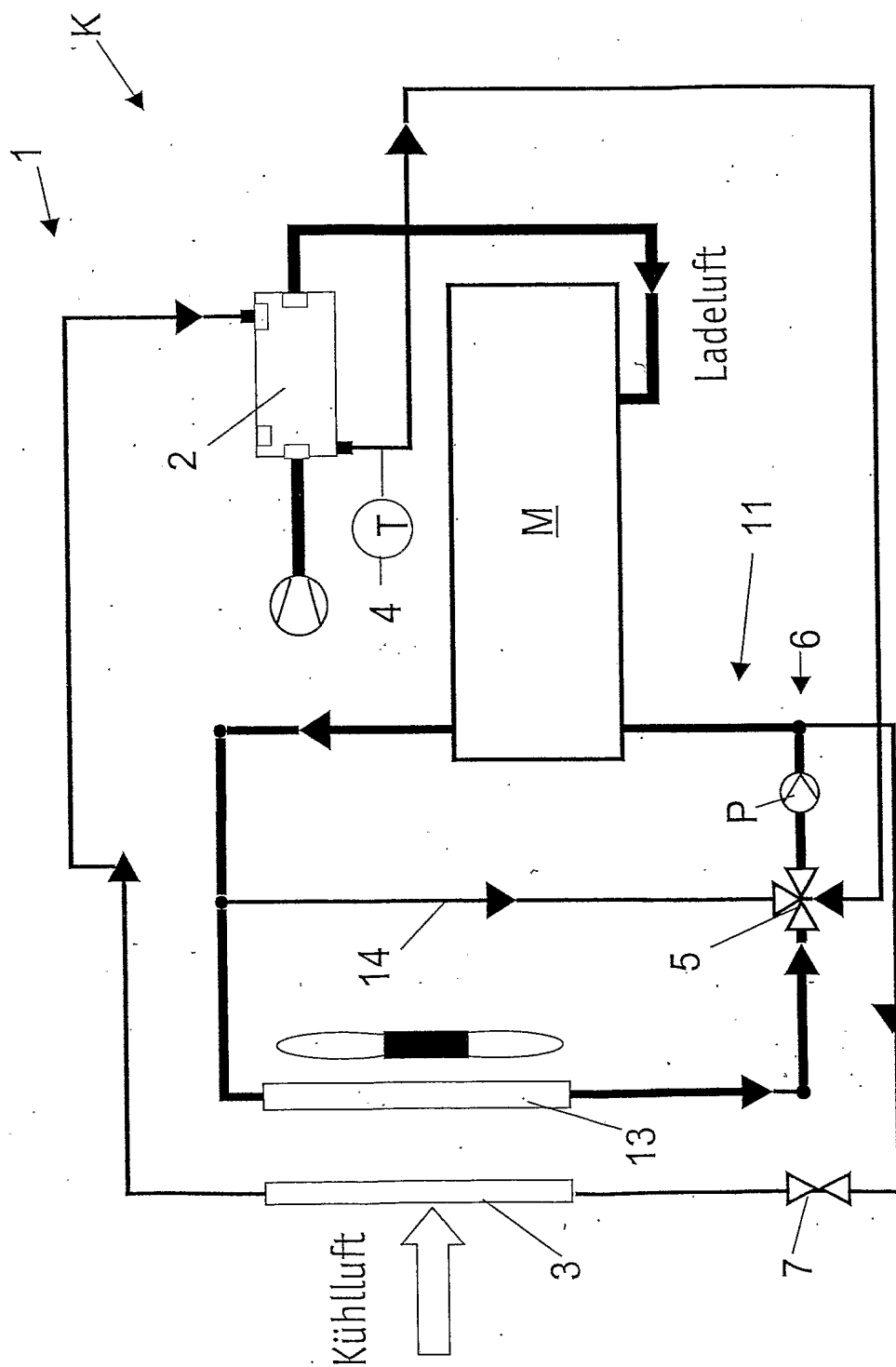


Fig. 1

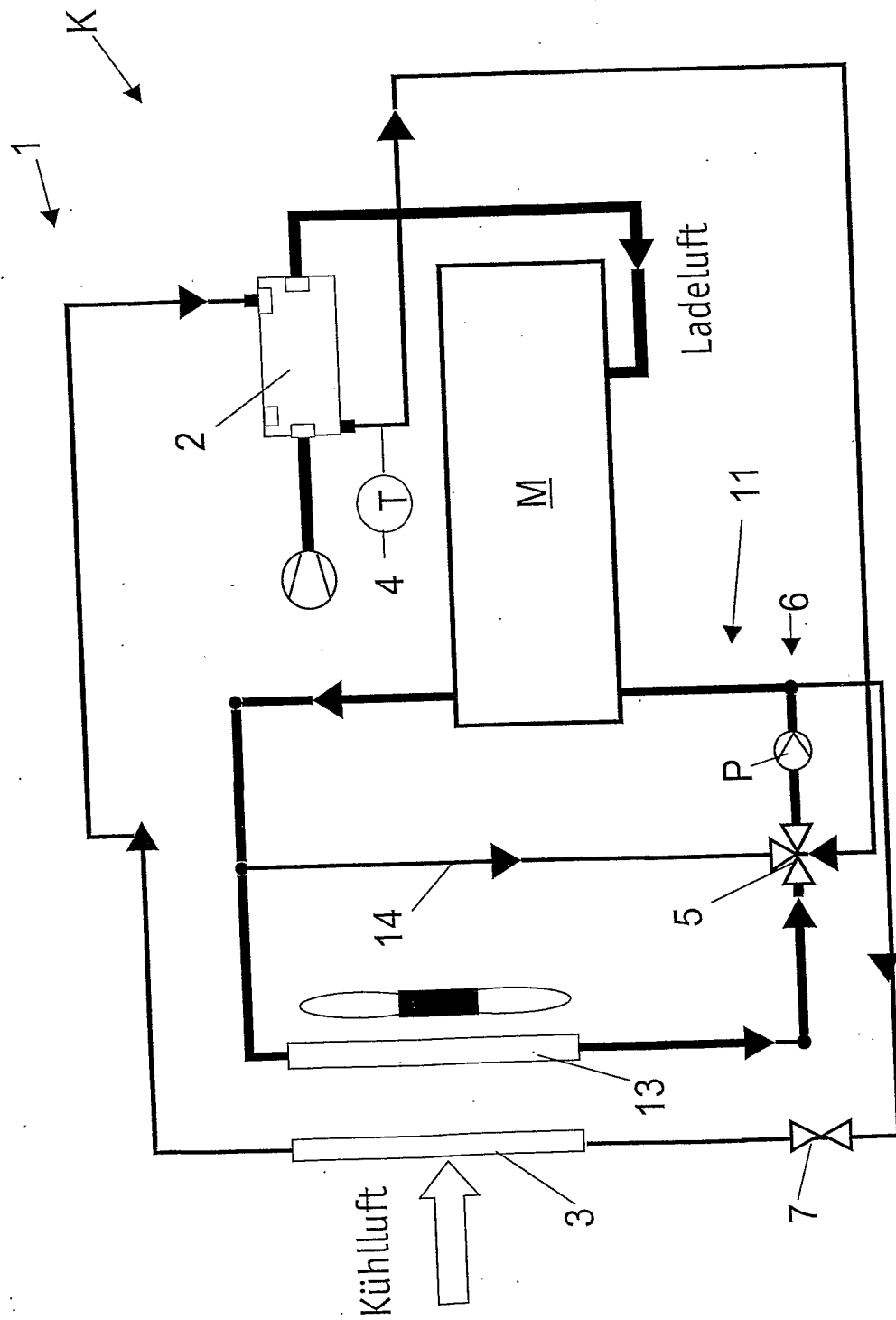


Fig. 1

Beispiel einer Thermostatennlinie für die Regelung des Niedertemperaturkühlmittel-  
Volumenstroms

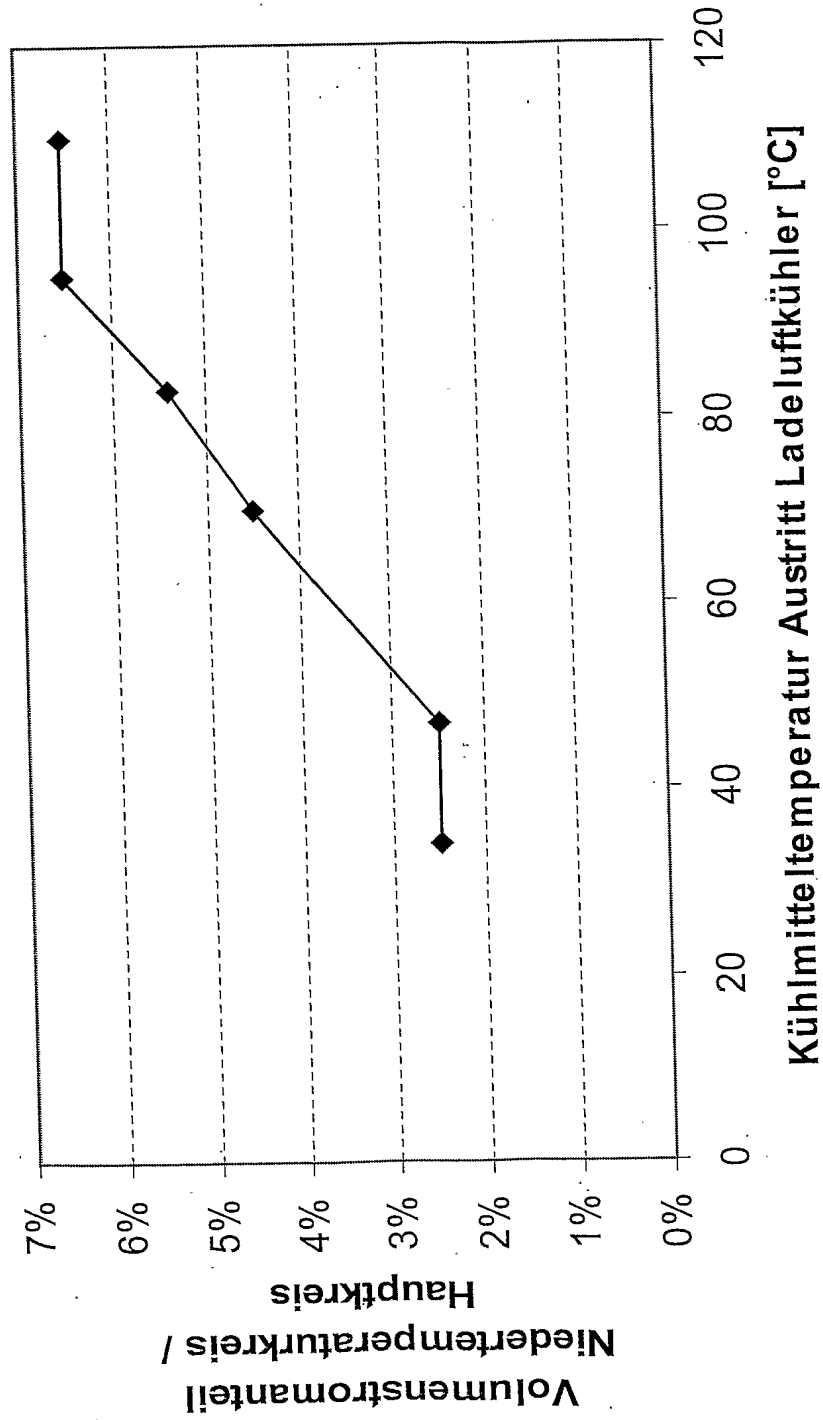


Fig. 2

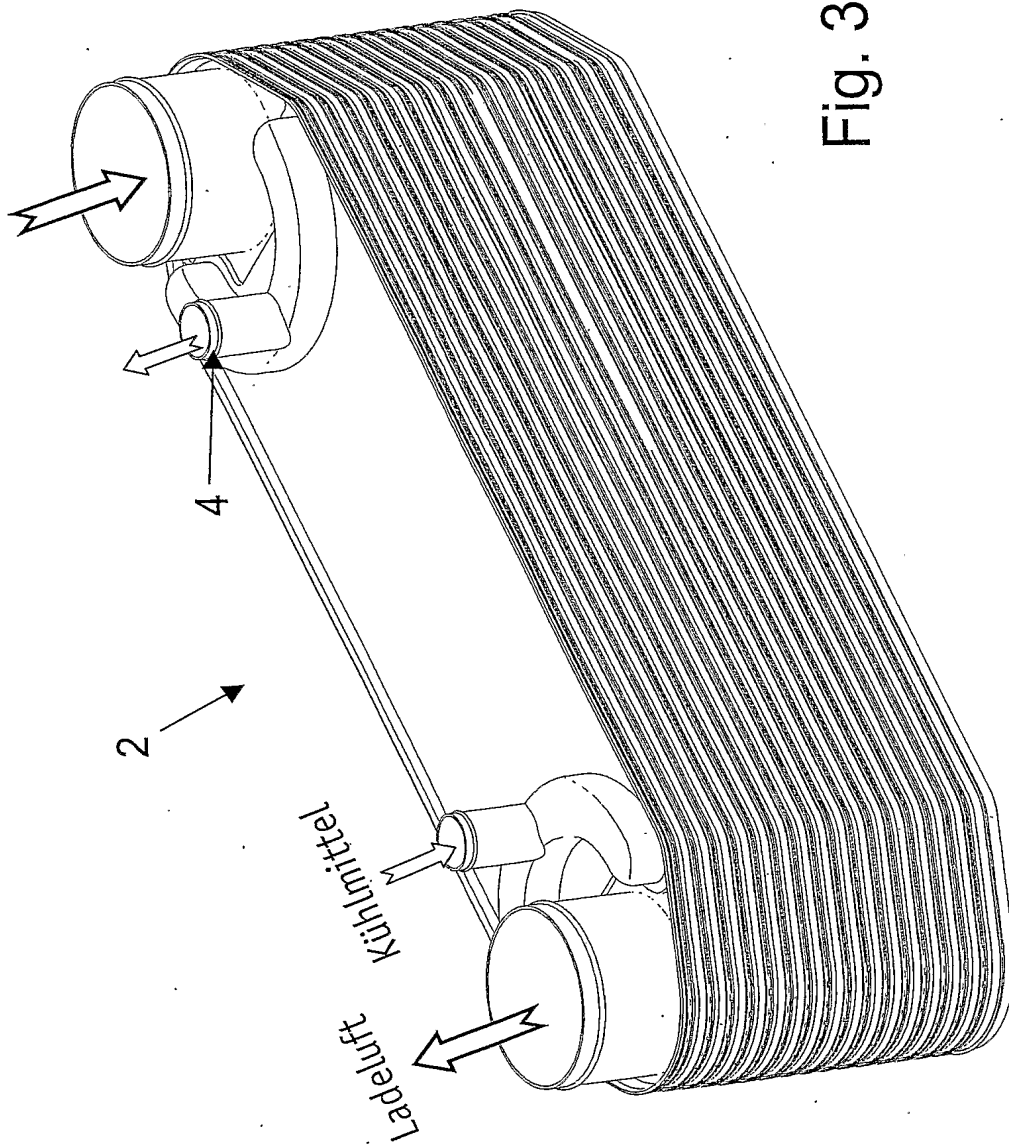


Fig. 3



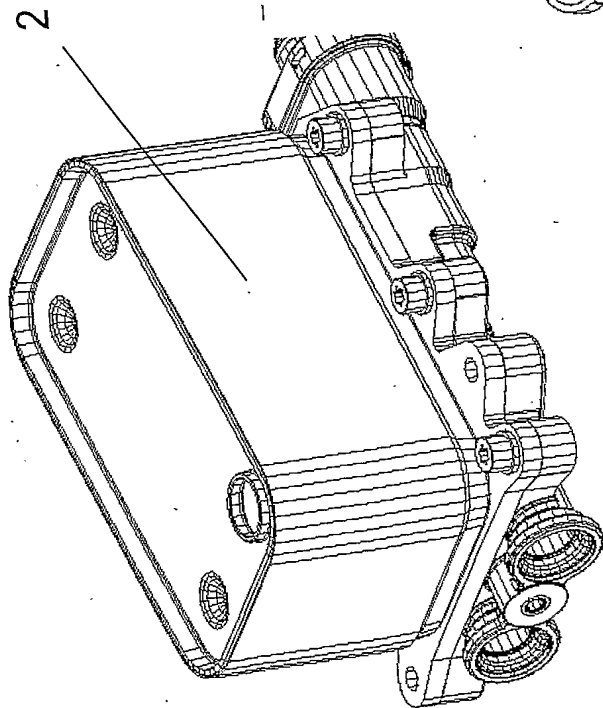


Fig. 4

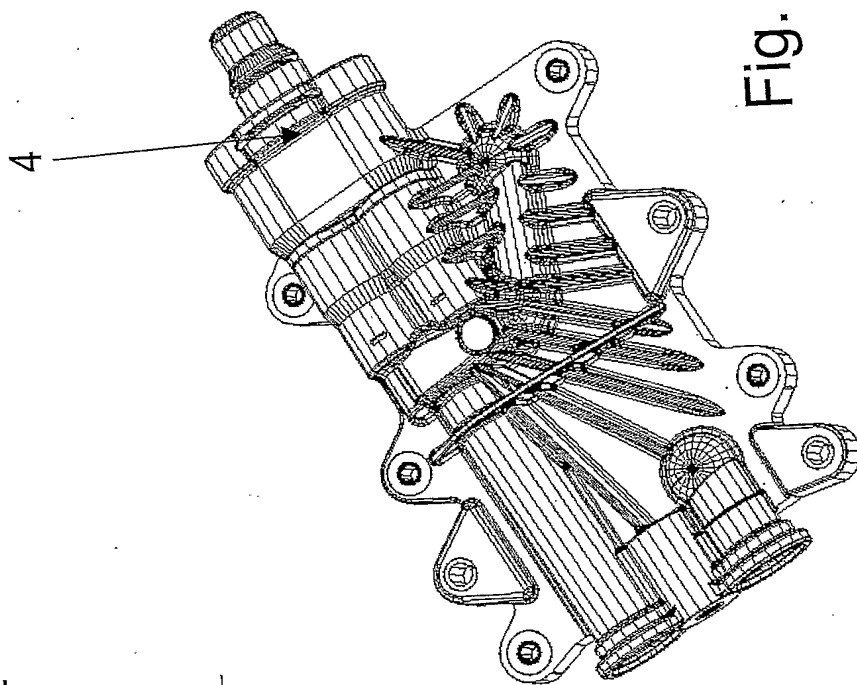


Fig. 5

Optimaler Kühlmittelvolumenstrom Niedertemperaturkühlmittel für unterschiedliche Betriebspunkte

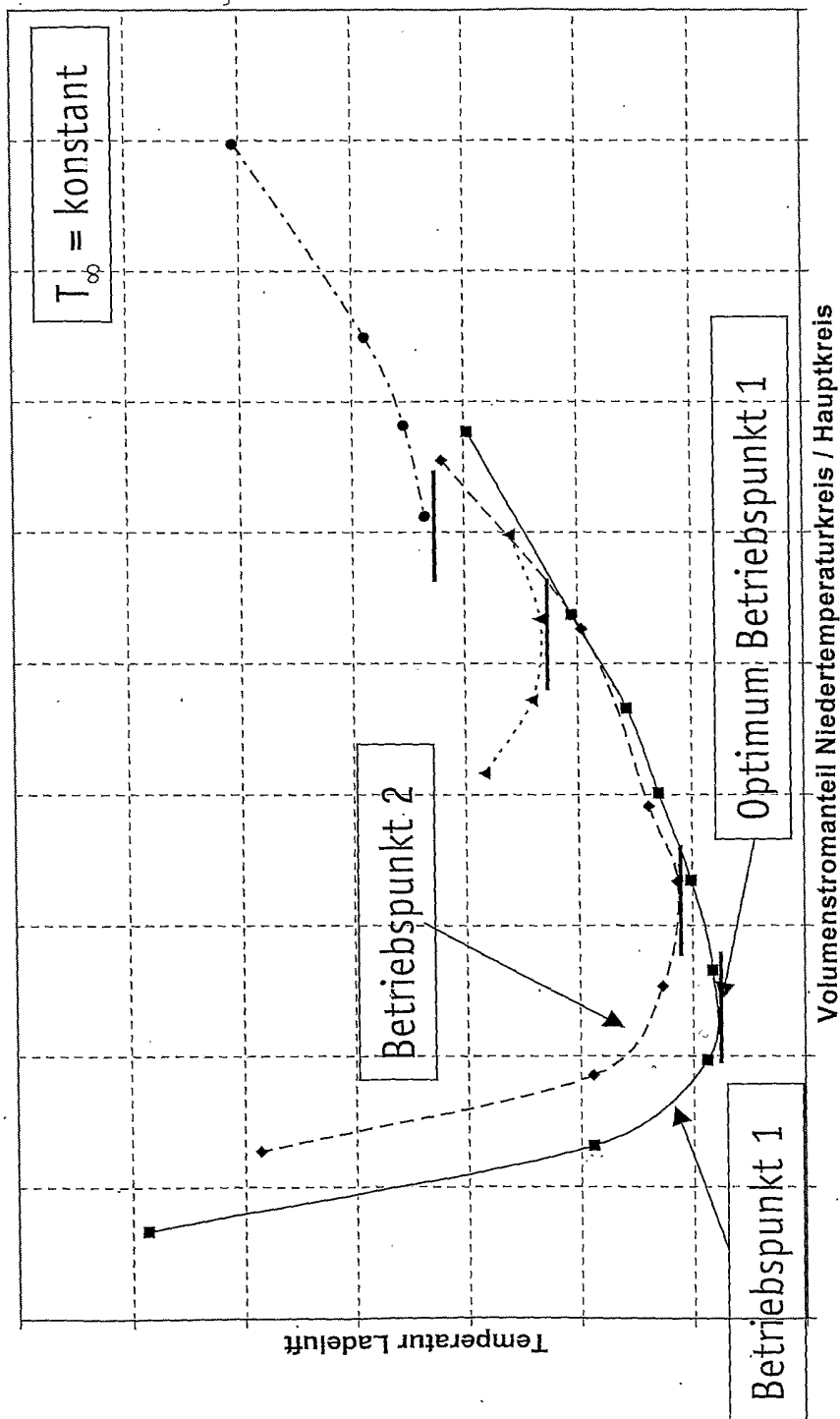


Fig. 6

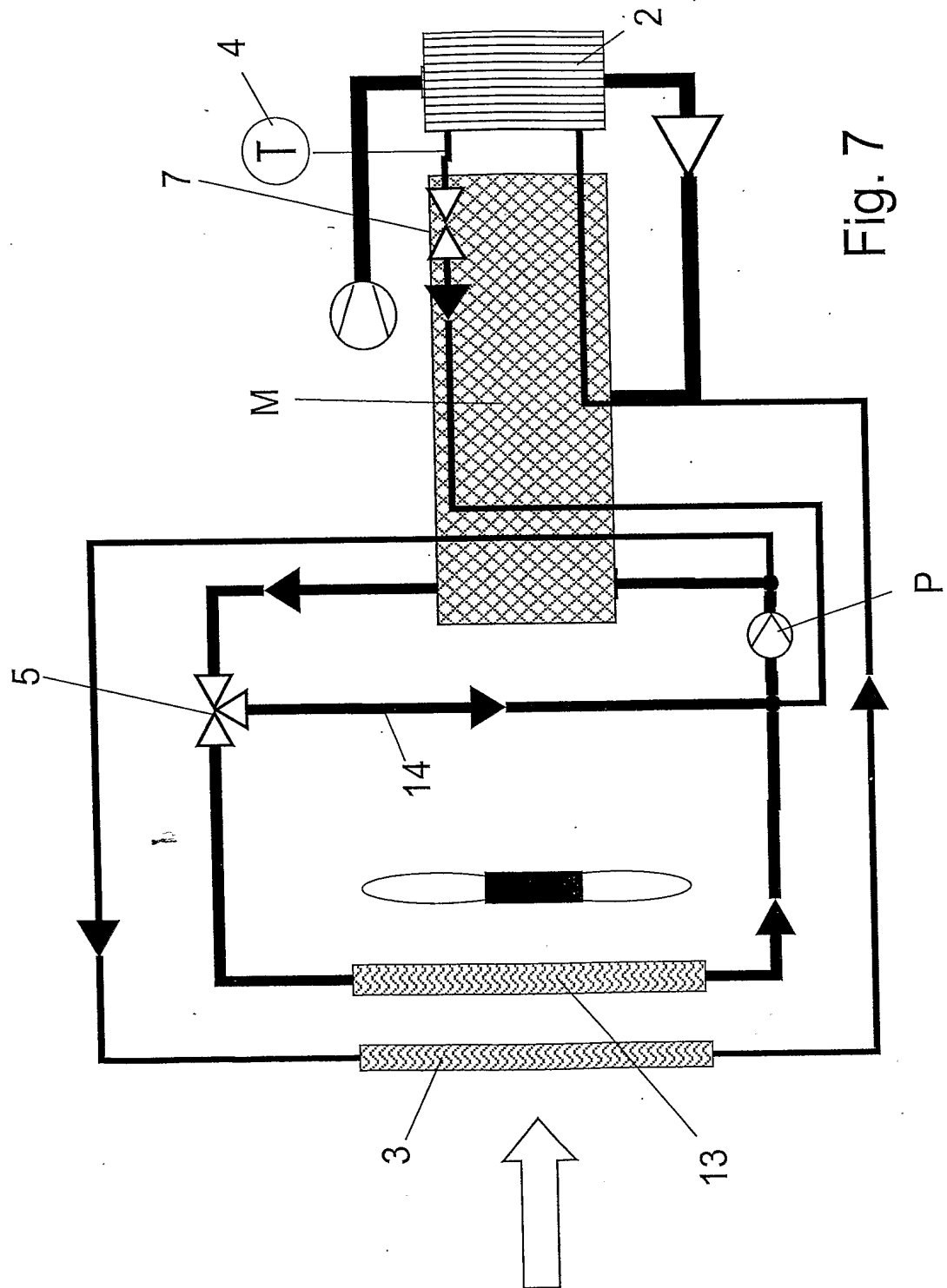


Fig. 7

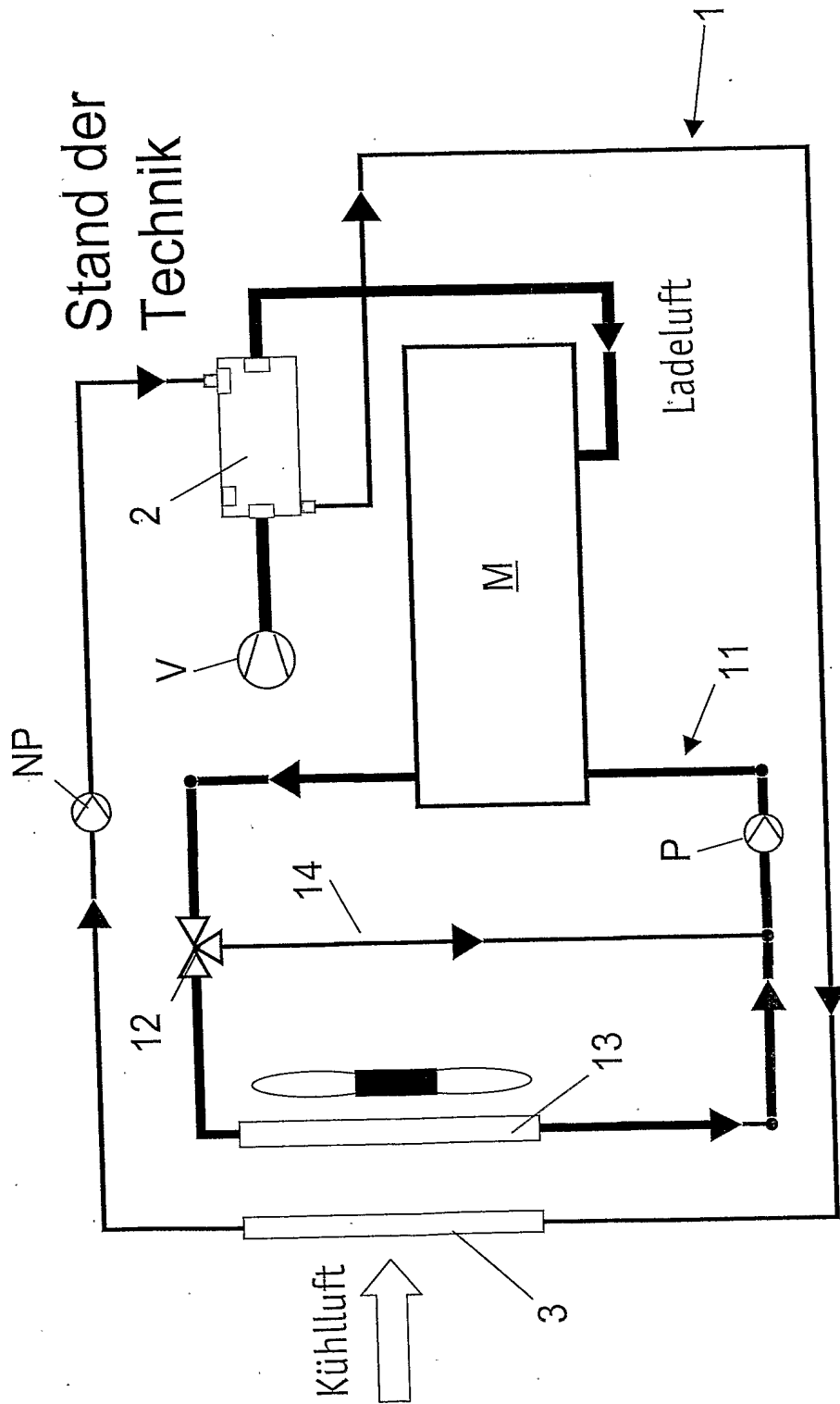


Fig. 8